

## © EPODOC / EPO

PN - FR2785394 A 20000505

AB - The invention concerns a marine radar designed to equip a boat, comprising at least an antenna (3), a printed circuit (5) whereon are implanted microwave transmission and reception functions, transmission and reception control functions, and circuits processing signals received delivering detection information, means for connection (6, 7) with an interface, and means (14) for fixing the antenna (3) and printed circuit assembly (5) on the boat mast (8), the printed circuit (5) being placed at the rear of the antenna (3). The invention is particularly useful for equipping pleasure or fishing boats. More generally it is useful for equipping boats requiring an inexpensive radar.

EC - G01S7/03B ; G01S13/93B ; H01Q1/18 ; H01Q1/34 ; H01Q23/00

PA - THOMSON CSF (FR)

IN - ANDRO LOUIS; CORNIC PASCAL; ZANNINI ANTOINE

CT - US5154386 A [A]; EP0440378 A [A]; JP9270624 A [A]; XP000176784 A [A]; XP002107616 A [A]

CTNP - [A] PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 002, 30 janvier 1998  
- & JP 09 270624 A (ANRITSU CORP), 14 octobre 1997;  
- [A] LIGTHART L P ET AL: "AN X-BAND SOLID-STATE FM-CW WEATHER RADAR" IEE PROCEEDINGS F. COMMUNICATIONS, RADAR & SIGNAL PROCESSING, vol. 137, no. 6, 1 décembre 1990, pages 418-426, XP000176784;  
- [A] DATABASE INSPEC INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GBmars 1997 KITAYAMA M ET AL: "Small radar with LCD display" XP002107616

AP - FR19980013813 19981103

PR - FR19980013813 19981103

DT - \*

## © WPI / DERWENT

AN - 2000-490459 [43]

TI - Marine radar unit for small boat includes printed circuit carrying transmission, reception and detection functions, fitting to socket on mast of vessel

AB - WO200026693 NOVELTY - The radar unit employs PCB construction with microstrip technology and MMICs to provide a compact device with low power consumption. The unit can be attached to the mast of a boat and is contained within a radome casing.  
- DETAILED DESCRIPTION - The marine radar system comprises at least one aerial (3) and a printed circuit (5) on which microwave transmission and reception elements are formed. The circuit also includes transmission and reception control functions, and signal processing circuits delivering detection information. A connection (6) is provided on the back of the printed circuit (5) for connection to a corresponding fitting (14) mounted on the mast (8) of the boat. The printed circuit is mounted behind the aerial so that the aerial is the outermost component. Supply wires for the circuit may pass down through the boat mast.  
- USE - Radar especially for fitting to pleasure craft and fishing boats.  
- ADVANTAGE - Offers reduced size, weight and price applicable to small craft.  
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the radar circuit fitting on to the mast of the vessel.  
- (Dwg.1a/6)

IW - MARINE RADAR UNIT BOAT PRINT CIRCUIT CARRY TRANSMISSION RECEPTION DETECT FUNCTION FIT SOCKET MAST VESSEL

PN - FR2785394 A1 20000505 DW200043 G01S7/02 000pp  
- WO0026693 A1 20000511 DW200043 G01S13/93 Frn 032pp  
- AU200010512 A 20000522 DW200043 G01S13/93 000pp

IC - G01S7/02 ; G01S7/03 ; G01S13/93 ; H01Q1/18 ; H01Q1/34 ; H01Q23/00

MC - W02-B06A W02-B07D W02-B08C3 W02-B08F2 W04-X01X W06-A04F W06-A04G W06-A04H1 W06-C01B1 X25-N02

DC - W02 W04 W06 X25  
PA - (CSFC ) THOMSON CSF  
- (CSFC ) THOMSON CSF SA  
IN - ANDRO L; CORNIC P; ZANNINI A  
AP - FR19980013813 19981103; WO1999FR02687 19991103; AU20000010512 19991103; [Based on  
WO0026693 ]  
PR - FR19980013813 19981103

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 785 394

(21) N° d'enregistrement national :

98 13813

(51) Int Cl<sup>7</sup> : G 01 S 7/02, H 01 Q 1/34

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 03.11.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 05.05.00 Bulletin 00/18.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : THOMSON CSF Société anonyme —  
FR.

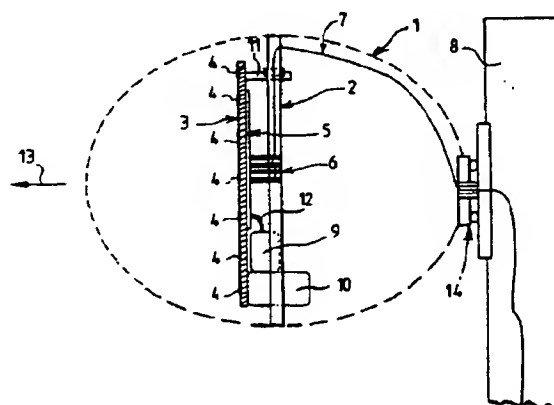
(72) Inventeur(s) : CORNIC PASCAL, ANDRO LOUIS et  
ZANNINI ANTOINE.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : THOMSON CSF.

(54) RADAR MARITIME.

(57) La présente invention concerne un radar maritime.  
Le radar équipant un bateau, il comporte au moins une  
antenne (3), un circuit imprimé (5) sur lequel sont implan-  
tées les fonctions hyperfréquence d'émission et de récep-  
tion, les fonctions de contrôle d'émission et de réception et  
les circuits de traitement des signaux reçus délivrant une in-  
formation de détection, des moyens de liaison (6, 7) avec un  
interface, et des moyens (14) de fixation de l'ensemble de  
l'antenne (3) et du circuit imprimé (5) sur le mât (8) du ba-  
teau. Le circuit imprimé (5) étant placé au dos de l'antenne  
(3).  
L'invention s'applique notamment pour équiper des na-  
vires de plaisance ou de pêche. Plus généralement, elle  
s'applique pour l'équipement de navires nécessitant un ra-  
dar bon marché.



FR 2 785 394 - A1



La présente invention concerne un radar maritime. Elle s'applique notamment pour équiper des navires de plaisance ou de pêche. Plus  
5 généralement, elle s'applique pour l'équipement de navires nécessitant un radar bon marché.

Les radars qui équipent des navires, notamment de plaisance ou de pêche, sont actuellement commercialisés à des coûts relativement  
10 importants, pas toujours compatibles d'un usage destiné à un large public. En fait, ces radars répondent globalement aux besoins de la navigation de plaisance ou de la pêche. Cependant, la plupart de ces radars sont mieux adaptés à des applications plus professionnelles que la navigation de plaisance notamment. Pour des applications non professionnelles, ils sont  
15 surdimensionnés.

En ce qui concerne par exemple la navigation de plaisance ou de pêche, les radars actuels sont généralement des radars à magnétron à impulsions non cohérents. Même si les magnétrons utilisés sont des produits de type « civil », leur coût reste important. En effet, ce type de technologie  
20 implique le recours à des alimentations hautes tension, et est associé à des dispositifs d'émission et de réception en guides d'ondes, avec en particulier les fonctions circulateurs et joints tournants. Toutes ces fonctions, que ce soit la haute tension, les émission/réception par guides d'ondes ou les fonctions circulateurs et joints tournants sont chères. En plus du coût élevé,  
25 ces radars à magnétrons présentent bien d'autres inconvénients.

Leur fiabilité n'est pas satisfaisante, la première cause de panne se situant au niveau du magnétron. Cela est d'autant plus sensible dans le domaine de la navigation de plaisance que l'équipement radar peut rester sans fonctionner pendant une grande partie de l'année, tout en étant soumis  
30 à l'humidité et à l'air salin, conditions peu favorables pour un magnétron. En cas de panne du magnétron, il faut généralement changer celui-ci. Le coût d'un magnétron de rechange ainsi que la main d'oeuvre associée ont aussi un coût non négligeable.

La consommation de ces radars est importante. En effet, le  
35 rendement des émetteurs à magnétron ne dépasse pas 10%. La

consommation de la partie émission et réception du radar peut alors atteindre par exemple 25 watts, ce qui est beaucoup pour un navire de plaisance qui dispose de peu de ressources électriques. Ils présentent par ailleurs une masse importante liée à l'association du magnétron et du guide d'onde métallique.

Ils présentent une zone aveugle importante de par leur principe de fonctionnement à impulsions. Ces radars ne peuvent pas en effet émettre et recevoir simultanément, et il existe une zone aveugle sur les radars les plus performants d'au moins 50 mètres, ce qui constitue un handicap notamment pour la navigation de plaisance, où il peut être très important de détecter un obstacle à très courte distance.

Ils présentent des capacités de discrimination limitées, liées notamment au fait que le traitement est basé sur la seule analyse de l'amplitude du signal reçu. En particulier, la discrimination entre la terre et la mer ou la pluie et la mer, ainsi que les performances d'élimination du fouillis ou clutter de mer sont relativement médiocres, à cause du fait notamment que la phase d'un signal reçu n'est pas exploitée.

Ces radars sont par ailleurs sensibles aux conditions de compatibilité électromagnétique liée aux fortes puissances crêtes mises en jeu, par exemple de un à deux kilowatts, et à la largeur de bande du récepteur, égale par exemple à une dizaine de mégahertz.

Ainsi, les radars actuellement sur le marché, notamment de la navigation de plaisance, sont d'une technologie ancienne et dérivée de matériels étudiés pour des professionnels de la navigation. A titre d'exemple, ils ne prennent pas en compte un besoin immédiat d'un plaisancier qui est de connaître les risques de collision dans une zone proche, notamment la nuit ou par mauvais temps, la localisation du bateau pouvant être par ailleurs déterminée par des moyens classiques de positionnement par satellite dit GPS. Ces radars sont lourds, encombrants, très grands consommateurs d'énergie et par ailleurs ne sont pas adaptés à la gîte d'un voilier, puisque lorsque le bateau est penché, le radar peut alors ne rien détecter. Ils utilisent des émetteurs à magnétrons peu fiables pour l'utilisation particulière de la navigation de plaisance. De par l'immobilisation prolongée des voiliers et la nécessité d'économiser l'électricité précieuse sur ces bateaux, les radars sont en effet peu sollicités, ce qui entraîne des pannes de mise sous tension.

Le but de l'invention est de pallier ces inconvénients pour permettre notamment la réalisation de radars adaptés aux conditions pratiques et économiques de la navigation de plaisance. A cet effet, l'invention a pour objet un radar équipant un bateau, caractérisé en ce qu'il

5 comporte au moins une antenne, un circuit imprimé sur lequel sont implantées les fonctions hyperfréquence d'émission et de réception, les fonctions de contrôle d'émission et de réception et les circuits de traitement des signaux reçus délivrant une information de détection, des moyens de liaison avec un interface, et des moyens de fixation de l'ensemble de

10 l'antenne et du circuit imprimé sur le mât du bateau, le circuit imprimé étant placé au dos de l'antenne.

L'invention a notamment pour principaux avantages qu'elle permet des mesures d'anticollision avec une couverture radar correcte quelque soit l'inclinaison d'un bateau, qu'elle permet d'accroître la fiabilité

15 d'un radar maritime, qu'elle permet une faible consommation du radar, qu'elle en limite le poids et l'encombrement, qu'elle permet même une réalisation très compacte du radar et donc en limite sa prise au vent, qu'elle permet une maintenance simple et économique, et qu'elle est simple à mettre en oeuvre.

20 D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- les figures 1a et 1b, par des vues schématiques, un exemple de réalisation possible d'un radar selon l'invention ;
- la figure 2, un exemple de faisceau de radar maritime ayant

25 quitté la ligne d'horizon sous l'effet des mouvements de roulis et/ou de tangage du bateau ;

- la figure 3, le même faisceau balayant l'horizon après une compensation des mouvements précités ;
- la figure 4, un autre exemple de réalisation possible d'un radar

30 selon l'invention ;

- la figure 5, un exemple de réalisation possible des fonctions hyperfréquence et de traitement d'un radar selon l'invention ;
- les figures 6a et 6b, des exemples de formes d'ondes émises par un radar selon l'invention.

Les figures 1a et 1b présentent, par des vues schématiques, un exemple de réalisation possible d'un radar selon l'invention. Il s'agit notamment d'un radar cohérent fonctionnant en ondes continues ou quasi-continues, dont la porteuse est modulée en fréquence ou en phase. Le radar est protégé par un radôme 1, par exemple de forme sphérique ou ovoïde. Ce radôme 1 englobe l'ensemble des fonctions radars. Un axe mécanique 2, par exemple un arbre creux, est fixé au radôme 1, en se confondant par exemple à un axe de symétrie de ce dernier, et plus particulièrement l'axe de symétrie vertical. L'antenne 3 du radar tourne autour de cet axe mécanique 2. La figure 1a présente l'antenne 3 en vue de côté. La figure 1b présente la même antenne vue par l'arrière, celle-ci ayant tourné d'un quart de tour vers la droite. L'antenne est par exemple réalisée en circuit imprimé et comporte des éléments rayonnant 4. Un ou plusieurs circuits imprimés 5 sont plaqués au dos de l'antenne, par exemple par collage ou vissage. Dans ce dernier cas, un espace peut éventuellement être laissé entre l'antenne et le ou les circuits imprimés, par exemple au moyens d'entretoises. Ce ou ces circuits 5 comportent notamment les fonctions hyperfréquence d'émission et de réception en technologie microruban faisant éventuellement appel à la technologie dite MMIC utilisant des circuits intégrés monolithiques. Les circuits d'émission et les circuits de réceptions sont connectés aux éléments rayonnant de l'antenne de façon classique. Des circulateurs hyperfréquence disposés sur les circuits découplent notamment les voies d'émission des voies de réception. Ce ou ces circuits 5 comportent par ailleurs les circuits analogiques de réception et de contrôle des circuits hyperfréquence d'émission. Ils comportent enfin les circuits, par exemple numériques, de traitement des signaux reçus et de commande de balayage de l'antenne. Ces circuits numériques produisent une information de détection radar exploitable par des moyens de visualisation, par exemple un boîtier de commande à écran LCD, ou tout autre moyen d'interface homme-machine. Ces circuits numériques reçoivent par ailleurs des commandes de ces mêmes moyens d'interface, par exemple des ordres de mise en marche ou d'arrêt, de changement de gammes de distances ou de vitesse de rotation de l'antenne. Un collecteur tournant 6 permet de transmettre les informations de détection radar à un point de liaison non tournant, pour une transmission vers les moyens d'interface. Le collecteur tournant 6 permet

encore de recevoir les ordres de ces moyens. Ces informations ou ces ordres sont en fait des signaux numériques qui transitent par ce collecteur tournant puis par un câble de liaison 7 qui est relié au collecteur, par exemple à l'intérieur de l'arbre creux 2. Le câble de liaison 7 fait le lien entre  
5 le radar et une interface homme-machine située en partie basse, sur le bateau. L'interface est par exemple située dans la cabine du bateau. Le câble de liaison passe alors par l'arbre 2 puis à l'intérieur du radôme, puis court le long ou à l'intérieur du mât 8 sur lequel est fixé le radar ou le radôme. Outre les signaux numériques d'information, le câble 7, qui  
10 comporte plusieurs fils en parallèles, véhicule les courants d'alimentation électrique du radar. Il comporte ainsi par exemple deux conducteurs d'alimentation et une liaison série numérique répartie sur deux fils. Etant donné que les circuits hyperfréquence sont fixés à l'antenne et tournent avec, il n'est pas besoin de prévoir un joint tournant spécifique au passage  
15 des ondes hyperfréquence, élément onéreux et difficile à mettre au point. Le collecteur 6 prévu peut être un simple collecteur tournant classique, pour applications à basse fréquence, destiné à faire passer des signaux numériques ou d'alimentation. Eventuellement, le collecteur 6 peut être remplacé par des moyens de couplage optique, ainsi que le câble de liaison  
20 7.

De préférence, l'antenne tourne autour de l'axe mécanique 2, notamment sur 360°. Il est en effet important qu'un radar, qui est un système d'aide à la navigation et de veille, soit capable de signaler les dangers, y compris ceux venant de côté ou de l'arrière, d'autant plus que les voiliers  
25 naviguent souvent à des vitesses faibles. L'antenne tourne par exemple à une vitesse de l'ordre de 30 tours par minutes. La rotation de l'antenne 3 est assurée par un moteur 9 associé éventuellement à un réducteur de vitesse angulaire 10. L'antenne est par exemple fixée à l'axe de rotation mécanique 2 par un palier 11, qui laisse libre sa rotation. De préférence,  
30 cette fixation se fait en partie haute de l'axe 2, alors que la fixation de l'antenne en partie basse se fait au moyen du réducteur 10, lequel est entraîné par le moteur 9. Deux fils électriques 12 issus du ou des circuits 5 fixés sur l'antenne 3 assurent l'alimentation électrique du moteur 9 qui tourne avec l'antenne. Le réducteur 10 comporte par exemple un grand pignon auquel l'axe mécanique 2 est fixé et qui passe par son centre. Le moteur 9,  
35



fixé par exemple sur un circuit imprimé 5 du dos de l'antenne, entraîne un petit pignon du réducteur 10 qui coopère avec le grand pignon en rotation de sorte que le moteur, et l'antenne à laquelle il est solidaire mécaniquement, fassent un mouvement de rotation autour de l'axe mécanique 2.

5 Plusieurs moyens peuvent être prévus pour fixer le radar sur le mât 8 du bateau. Il est possible de prévoir des moyens simples et classiques qui fixent le radar, ou son radôme, sur le mât. Le radar est alors immobile par rapport à ce dernier.

La figure 2 illustre un problème rencontré par un radar maritime  
10 relativement aux mouvements du mât, notamment dus au roulis et/ou au tangage du bateau. La figure 2 montre un bateau 21 sur une mer 22 dont le mât est équipé d'un radar 23. Ce dernier émet et reçoit selon un faisceau 24. Les mouvements du mât de roulis et/ou de tangage éloignent  
15 considérablement le faisceau d'une direction horizontale 25, de telle sorte que, si le faisceau n'est pas suffisamment large pour couvrir cette direction, le radar ne peut plus rien détecter. Certains plaisanciers sont alors par exemple obligés de pencher le radar à l'aide de mécanismes articulés manoeuvrables ou non par des drisses, afin que le faisceau 24 de ce dernier couvre correctement l'horizon lorsque leur voilier est à la gîte. Une première  
20 solution peut consister à élargir la largeur du faisceau. Cependant, il en résulte une diminution de la portée du radar. Même si un bateau de plaisance ne nécessite pas une détection sur une grande très grande distance, il peut cependant être pénalisant de trop raccourcir la portée du radar. Une autre solution peut alors consister à asservir la position du radar  
25 pour compenser les mouvements du mât et maintenir le faisceau dans la bonne direction 25, par des moyens d'asservissement électroniques bien connus par ailleurs et utilisés notamment pour des radars sur certains navires professionnels. Ces moyens d'asservissement sont cependant trop coûteux et consommateurs d'énergie, et sont donc incompatibles de la  
30 navigation de plaisance. Selon l'invention, le système de compensation des mouvements du mât, pour maintenir le faisceau du radar horizontal, agit par gravité. Du fait que les circuits hyperfréquence d'émission et de réception, que les circuits analogiques et de contrôle, ainsi que les circuits de traitement du signal sont notamment associés à l'antenne, en plus des  
35 autres éléments tels que le moteur et son réducteur, ainsi qu'éventuellement

le radôme, l'ensemble peut faire contrepoids et se stabiliser par gravité de telle sorte que l'antenne 3 reste sensiblement ou à peu près verticale et donc que le faisceau 24 du radar reste sensiblement ou à peu près horizontal. A cet effet, les moyens de fixation 14 de cet ensemble lui laisse au moins un

5 degré de liberté de rotation autour d'un axe, par exemple dirigé vers l'avant 13 du mâts, et de préférence lui laisse un degré de rotation supplémentaire autour d'un axe perpendiculaire au précédent. La stabilisation par gravité autour du premier axe 13, dirigé vers l'avant, permet de compenser les mouvements de roulis alors que la stabilisation par rapport

10 au deuxième axe permet de compenser les mouvements de tangage. Les figures 1a et 1b montrent un exemple de réalisation où le radôme est fixé au mât 8 du bateau au moyen d'un cardan 14. Ce dernier peut comporter un ou deux axes selon les mouvements que l'on souhaite compenser. De préférence, les mouvements de roulis sont au moins compensés. Ce

15 système de compensation simple et économique permet de maintenir le faisceau 24 du radar sensiblement horizontal comme l'illustre la figure 3. Le faisceau peut donc être maintenu étroit, par exemple selon une ouverture angulaire de l'ordre de 5 à 10°. La portée du radar reste donc relativement grande. Ainsi, le radar est affranchi des problèmes de roulis et de tangage

20 qui nécessitent habituellement l'utilisation d'une antenne peu directive en élévation, l'angle étant par exemple de l'ordre de 30°, de façon à garantir une couverture satisfaisante quelle que soit l'inclinaison du bateau. L'antenne, en étant stabilisée par simple gravité, pour maintenir son faisceau horizontal, peut être plus directive et posséder par conséquent un meilleur

25 gain, ce qui améliore sa portée à puissance émise constante.

La figure 4 illustre par une vue en perspective un autre exemple de réalisation possible d'un radar selon l'invention, le radôme n'étant pas représenté pour permettre une vue de l'antenne 3. Cette dernière tourne toujours par exemple autour de l'axe mécanique 2. Dans cet exemple de

30 réalisation, ce n'est plus le radôme qui est fixé au cardan mais cet axe mécanique 2. Ce dernier est fixé, par sa partie haute, sur un premier cardan 41, par exemple au moyen d'un système à écrous. Ce premier cardan 41 est lui-même relié à un deuxième cardan 42 par rapport auquel il est libre en rotation selon un axe 43 perpendiculaire à un axe 13 dirigé vers

35 l'avant du bateau. Le premier cardan 41 permet ainsi de compenser les

mouvements de roulis. Le deuxième cardan 42 est libre en rotation autour d'un axe 44 dirigé vers l'avant 13 du bateau. Ce deuxième cardan permet de compenser les mouvements de tangage. Il est par exemple fixé par une de ses branches 45 sur un plateau 46, lui-même fixé sur le mât 8. La branche  
5 est libre en rotation par rapport à ce plateau et par rapport à l'axe 44 précité. Le moteur 9 et son réducteur associé sont ici placés en partie haute de l'antenne 3. Le moteur 9 est pourvu d'un pignon 101 qui entraîne un deuxième pignon 102, l'ensemble de ces deux pignons constituant le réducteur 10. Le deuxième pignon 102 est par exemple solidaire  
10 mécaniquement de l'axe mécanique ou arbre 2 qu'il entraîne en rotation, l'arbre 2 traversant le pignon 102 en son centre. Le moteur 9 est par exemple fixé sur le premier cardan 41. Ce dernier est par exemple fixé par deux branches 47 à deux branches 48 du deuxième cardan. L'antenne 3, grâce au poids des circuits hyperfréquence et électroniques 5 qui lui sont  
15 associés, fait contrepoids pour permettre par gravité sa stabilisation verticale. Les cardans 41, 42, auxquels elles est reliée par l'intermédiaire de l'arbre 2, tournent alors autour de leurs axes de rotation respectifs. L'antenne tourne elle-même autour de l'arbre 2 au moyen de paliers. Le plateau 46 est par exemple en fait une partie du radôme du radar, le radôme  
20 étant lui-même fixé sur le mât 8. Le cardan deuxième cardan 42 peut par exemple être prolongé pour comporter un deuxième point d'appui sur le radôme, libre en rotation et opposé à la partie de radôme telle que représentée par le plateau 46.

La figure 5 illustre par un synoptique un exemple de réalisation possible des fonctions hyperfréquence et électroniques d'un radar selon  
25 l'invention. A titre d'exemple ces fonctions sont réparties sur deux circuits imprimés 51, 52 fixés sur la face arrière de l'antenne 3 du radar. Un premier circuit 51 réalisé en technologie microruban, dite encore microstrip, comporte les fonctions hyperfréquence. Un deuxième circuit 52 comporte les fonctions  
30 électroniques et électriques, analogiques et numériques. Ce deuxième circuit réalise essentiellement les fonctions de traitement des signaux radar.

Pour des raisons notamment d'économie, la réception du radar peut être par exemple homodyne, dans ce cas il n'y a donc pas de transposition des signaux reçus à une fréquence intermédiaire. L'onde en  
35 émission est continue ou quasi-continue. Sa modulation est par exemple du

type dit FMCW, à modulation de fréquence, ou plus particulièrement à saut de fréquence. La bande d'émission est de l'ordre de quelques dizaines de mégahertz. La puissance émise peut n'être que de quelques centaines de milliwatts pour une portée de 5 à 10 miles nautiques. L'émission est réalisée à l'aide de composants à état solide, ce qui garantit une bonne fiabilité dans le temps. La bande de réception est par exemple inférieure à un mégahertz, ce qui garantit une bonne immunité au brouillage par perturbations électromagnétiques. La carte hyperfréquence 51 comporte un oscillateur 53 commandé en tension. L'oscillateur est par exemple commandé par des tensions fournies par un convertisseur numérique-analogique 54 présent sur la carte électronique 52. Ces tensions évoluent par exemple selon des rampes successives en fonction du temps, ou par des séries de valeurs discrètes. La carte hyperfréquence comporte par ailleurs par exemple plusieurs amplificateurs 55, 56, 57, 58, un coupleur 64, un circulateur hyperfréquence 59 et un mélangeur hyperfréquence 60. Elle peut éventuellement comporter aussi deux interrupteurs 61, 62. Les signaux hyperfréquence issus de l'oscillateur, modulés en fréquence par exemple selon des rampes ou des sauts de tension, sont amplifiés par un premier amplificateur de puissance 55 puis par un deuxième amplificateur de puissance 56 après par exemple avoir traversé le coupleur 64 et avant d'entrer dans le circulateur 59, en sortie duquel le signal hyperfréquence de puissance est distribué par une liaison 63 aux différents éléments rayonnant de l'antenne 3. En réception, qui est du type homodyne, un signal issu de l'antenne parvient à un premier amplificateur faible bruit 57 par l'intermédiaire du circulateur 59. En sortie du circulateur le signal est mélangé, par le mélangeur 60, au signal de sortie du premier amplificateur de puissance 55 obtenu via le coupleur 63. Ce dernier sert notamment à permettre le mélange du signal de réception avec un signal de puissance plus importante que le signal issu de l'oscillateur 53. Le signal mélangé passe ensuite dans un deuxième amplificateur faible bruit 58. Le signal de réception, ainsi obtenu par démodulation directe cohérente, passe du deuxième amplificateur faible bruit 58 dans la carte électronique 52. Les amplificateurs sont par exemple des composants à état solide. Le coupleur et les liaisons hyperfréquences sont notamment en technologie microruban.

La carte électronique 52 réalise l'analyse spectrale du signal reçu après démodulation. Cette analyse permet, par un traitement adapté, de détecter et discriminer entre eux les différents échos reçus et de leur affecter une distance et une vitesse de rapprochement ou d'éloignement par mesure de la fréquence et de la phase du signal vidéo démodulé. Les échos reçus peuvent notamment provenir d'autres bateaux, de balises, de rochers ou de contours de côtes. Le signal de réception provenant de la carte hyperfréquence 51 est filtré au moyen d'un filtre adapté 65 puis il est converti sous forme numérique au moyen d'un convertisseur analogique-numérique 66. Le signal de réception ainsi numérisé est lu par un processeur de traitement du signal 67 qui en réalise notamment une transformée de Fourier rapide FFT pour obtenir un signal en fréquence à partir duquel le même processeur 67 réalise l'analyse spectrale évoquée précédemment. Il transmet par ailleurs via un bus de communication 68 l'information numérique de détection déterminée à des moyens d'interface homme-machine. En sortie du processeur 67, l'information numérique passe d'abord dans un circuit de mise en forme pour son adaptation à une liaison série normalisée. Ce circuit est par exemple intégré dans un circuit numérique programmable 69 réalisant d'autres fonctions par ailleurs. Le bus de communication passe par exemple dans des moyens d'amplification 70 qui amplifient les signaux véhiculés par le bus en vue de leur long trajet via notamment le collecteur tournant 6 et le câble 7 qui court notamment jusqu'aux moyens d'interface homme-machine, le collecteur tournant 6 étant disposé sur la carte électronique 52. Cette carte 52 supporte par exemple par ailleurs le moteur 9 d'entraînement de l'antenne 3. Le circuit numérique programmable 69 fournit par exemple au convertisseur numérique-analogique 54 les valeurs numérisées de tension qui commandent l'oscillateur 53. Une mémoire 79 associée au processeur de traitement du signal comporte le programme de traitement radar. Différents modes de traitement peuvent être prévus en fonction de commandes issues d'une interface homme-machine via le bus de communication 68.

Les pistes d'alimentation électrique des composants des cartes 51, 52 ne sont pas représentés sur la figure 5. Ces deux cartes 51, 52 peuvent être réunies en une seule carte, les fonctions qu'elle supportent étant alors côte à côte sur cette même carte.

Les figures 6a et 6b illustrent une forme d'onde possible pour l'émission. Dans ce cas, l'onde émise n'est plus continue, mais quasi-continue, dans la mesure où l'émission est interrompue durant les phases de réception d'un écho, l'onde émise étant coupée selon un facteur de forme donné, l'onde étant par exemple émise pendant un temps supérieur à 20% de la durée d'une rampe. Cela permet notamment de s'affranchir du bruit d'émission, d'autant plus que la réception étant homodyne, il n'y a pas de fréquence intermédiaire pour transposer les signaux reçus dans une autre gamme de fréquence que ceux des signaux de bruit. La figure 6a présente dans un système d'axe l'allure de la fréquence des signaux en sortie de l'oscillateur 53, l'axe des ordonnées représentant la fréquence  $F$  et l'axe des abscisses représentant le temps  $t$ . La figure 6a montre une série de rampes de fréquences 80 où la fréquence varie d'une fréquence  $F_0$  à une fréquence  $F_0 + \Delta F$  à l'intérieur de chaque rampe de durée  $\Delta t$ ,  $\Delta t$  étant de l'ordre de quelques millisecondes, quatre millisecondes par exemple. Les rampes de fréquences sont l'image de rampes de tensions fournies à l'entrée de l'oscillateur 53 dans le cas où cet oscillateur commandé en tension a une réponse linéaire. Dans le cas contraire, en l'absence de linéarité de l'oscillateur 53, sa tension de commande ne présente pas des formes de rampes mais est corrigée afin que ses variations de fréquence soient bien à l'image de rampes. Les rampes peuvent être la modulation de fréquence appliquée au signal d'émission. Il s'agit alors d'un radar à onde continue modulée en fréquence. Comme il a été indiqué précédemment, il peut être utile d'arrêter l'émission pendant les phases de réception d'un écho. A l'intérieur d'une rampe de fréquences 80, l'onde émise est alors coupée durant la réception, ce qui donne une modulation de fréquence telle qu'illustrée par la figure 6b, l'onde émise pouvant être qualifiée quant à elle de quasi-continue. Un signal hyperfréquence est émis pendant une durée  $\tau$  modulé selon la rampe, puis son émission est arrêtée pendant un temps  $T - \tau$  dédié à la réception, puis de nouveau émis pendant une durée  $\tau$  modulé selon la rampe et ainsi de suite. Pendant le temps  $\tau$  où le signal est émis, l'interrupteur 61 de la voie d'émission laisse passer le signal alors que l'interrupteur 62 de la voie de réception ne laisse par exemple pas passer le signal. En revanche, pendant le temps  $T - \tau$  où le signal ne doit pas être émis, l'interrupteur 61 de la voie d'émission ne laisse plus passer les signaux alors

que l'interrupteur 62 de la voie de réception laisse passer les signaux de réception. La commande des interrupteurs est par exemple assurée par le circuit numérique programmable 69 qui commande par ailleurs les rampes de fréquence de l'oscillateur 53 via le convertisseur numérique-analogique 54. Pendant le temps  $T-\tau$  de réception, un signal reçu est par exemple échantillonné trois fois, à intervalles réguliers. Les échantillonnages 81 se répètent à la cadence des coupures d'émission. Chacun des trois échantillons d'un intervalle de temps  $T-\tau$  est traité par un canal de réception propre. En sortie du convertisseur analogique-numérique 66, trois canaux de réception sont alors prévus. Dans chaque canal, un signal échantillonné est traité classiquement, c'est-à-dire qu'il est notamment mémorisé, extrapolé puis transposé dans le domaine des fréquences par transformée de Fourier rapide. Ces canaux sont en fait programmés dans le processeur de traitement du signal 67. En cas de manque de rapidité du convertisseur 66, il est possible d'en prévoir un par canal de réception. A titre d'exemple, un temps d'émission continue  $\tau$  peut être égal à  $2,6\mu s$ , la durée de réception  $T-\tau$  pouvant être variable. On a considéré un exemple de trois échantillonnages pendant les temps de réceptions  $T-\tau$  avec les trois canaux de réception associés, il est bien sûr possible de prévoir un nombre d'échantillonnages et de canaux de réception associés différents.

Afin d'améliorer le rapport signal à bruit à la réception, les résultats obtenus à l'aide des différentes transformées de Fourier rapides sont par exemple intégrés pendant un même tour d'antenne dans la limite du temps d'éclairement de l'antenne, puis sont intégrés de tour d'antenne à tour d'antenne. Plusieurs modes de fonctionnement radar sont envisageables. Il est possible de prévoir un mode de surveillance panoramique correspondant à un balayage continu sur 360 degrés. La vitesse de rotation de l'antenne est adaptée à la portée souhaitée. On peut ainsi prévoir une vitesse de rotation de l'ordre de 30 tours par minutes par exemple pour une portée maximum de 10 à 20 miles nautiques, correspondant à la navigation en pleine mer. On peut aussi par exemple prévoir une vitesse de rotation de l'ordre de 120 tours par minutes pour la portée minimum, correspondant au cabotage ou à la navigation en chenal. Il est encore possible de prévoir un mode pour le balayage d'un secteur angulaire limité désigné à partir d'une interface homme-machine. Il est aussi possible de prévoir un mode pointé

correspondant à une direction fixe de pointage désigné à partir de l'interface homme-machine. Les commandes issues de l'interface agissent notamment sur la rotation du moteur 9 d'entraînement de l'antenne. Pour chaque mode, la forme d'onde, et en particulier dans le cas d'un radar à onde continue  
5 modulée en fréquence ou à saut de fréquence, la largeur de bande émise et la durée de la rampe 80 de modulation peuvent être ajustées à la portée et à la vitesse de rotation d'antenne sélectionnée.

De par sa conception, le radar n'étant pas à impulsions, est capable de détecter à partir d'une distance nulle ou presque et ainsi faire  
10 office avantageusement d'anticollision, ce qui peut être important pour un bateau de plaisance. Par la connaissance de la puissance des échos reçus et de leurs fréquences Doppler puis par analyse spectrale, une fonction de météorologie peut facilement être intégrée dans ce radar, incluant notamment une estimation de la densité des précipitations et une estimation  
15 de la composante horizontale de la vitesse de déplacement instantanée des perturbations, c'est-à-dire finalement de la vitesse du vent. Il peut aussi être prévu une vitesse de déplacement global des précipitations. Une fonction d'estimation de l'état de la mer pourrait également être envisagée. Du point de vue matériel, pour intégrer ces fonctions dans le radar, il suffit notamment  
20 d'augmenter les capacités de traitement de la carte numérique, et plus particulièrement de son processeur et de ses mémoires.

En l'absence d'un composant tel qu'un magnétron, le poids d'un radar selon l'invention est diminué et sa fiabilité est accrue. Sa fiabilité est même très importante du fait de la grande fiabilité des composants utilisés,  
25 que ce soient des composants à état solides couplés à une technologie microruban pour la partie hyperfréquence, ou que ce soient des composants fortement intégrés pour la partie électronique. Ces composants produits en série sont par ailleurs de faible coût. La maintenance ou la réparation d'un radar est simple et économique, il suffit par exemple de ne changer qu'une  
30 carte, en cas notamment d'une défaillance de la fonction hyperfréquence ou électronique. Une nouvelle carte et son installation ne sont pas très chers. Le faible poids et le faible encombrement obtenus sont notamment dus à l'agencement et l'utilisation des composants tel que le prévoit l'invention. La masse totale du radar tel que fixé à un mât peut être de l'ordre de trois  
35 kilogrammes. La forme ovoïde du radôme 1 du radar, qui épouse en fait les



mouvements de rotation de l'antenne 3 limite la prise au vent du radar. Son faible encombrement permet par ailleurs une installation facile sur un mât. L'antenne 9 peut être elliptique avec une hauteur par exemple de l'ordre de 150 millimètres et une largeur de l'ordre de 300 millimètres, ce qui donne  
5 approximativement les dimensions du radôme.

Si une couverture angulaire de 360 degrés est toujours souhaitée, mais cependant sans mécanisme de rotation d'antenne, il est possible alors de prévoir une antenne fixe comportant plusieurs faisceaux pointés dans des directions différentes de façon à couvrir tout ou partie des 360 degrés.

10 L'onde émise évoquée dans les exemples de réalisations était à modulation de fréquence, il est possible toutefois d'envisager une modulation de phase, dans les deux cas, l'onde émise étant continue ou non.

## REVENDEICATIONS

1. Radar équipant un bateau, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une antenne (3), un circuit imprimé (5) sur lequel sont implantées les  
5 fonctions hyperfréquence d'émission et de réception, les fonctions de contrôle d'émission et de réception et les circuits de traitement des signaux reçus délivrant une information de détection, des moyens de liaison (6, 7) avec un interface, et des moyens (14) de fixation de l'ensemble de l'antenne (3) et du circuit imprimé (5) sur le mât (8) du bateau, le circuit imprimé (5)  
10 étant placé au dos de l'antenne (3).

2. Radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'antenne (3) est reliée à un axe mécanique (2) autour duquel elle tourne.

15 3. Radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de liaison comporte un collecteur tournant (6) pour transmettre les informations de détection à un point de liaison non tournant (7).

20 4. Radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur tournant (6) transmet des informations de commande d'une interface homme-machine vers le radar.

25 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le radar ayant un radôme (1), l'axe mécanique (2) est fixé au radôme, le radar étant fixé au mât (8) par l'intermédiaire du radôme (3) qui est relié aux moyens de fixation (14).

30 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le radar est fixé au mât (8) par l'axe mécanique (2) qui est relié aux moyens de fixation (14).

7. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de fixation (14) laissent au moins un degré de liberté en rotation à l'ensemble (3, 5) autour d'un axe (13), la stabilisation

de l'ensemble (3, 5) pour compenser les mouvements du bateau étant assurée par gravité.

8. Radar selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'axe (13) est dirigé vers l'avant du mât (8) pour compenser les mouvements de roulis.

9. Radar selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que les moyens de fixation (14) laissent un degré de liberté en rotation à l'ensemble (3, 5) par rapport à un axe perpendiculaire au précédent pour compenser les mouvements de roulis et de tangage.

10. Radar selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les moyens de fixation (14) comportent au moins un cardan fixé sur le mât (8).

11. Radar selon les revendications 6 et 10, caractérisé en ce que les moyens de fixations comportent deux cardans (41, 42), l'axe mécanique (2) étant fixé par sa partie haute à un premier cardan (41) lui-même relié à un deuxième cardan (42) qui est fixé sur le mât (8), les deux cardans ayant des axes de rotation (43, 44) sensiblement perpendiculaires.

12. Radar selon les revendications 2 et 11, caractérisé en ce que le moteur (9) d'entraînement de l'antenne (3) est fixé sur le premier cardan (41).

13. Radar selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que le moteur (9) d'entraînement de l'antenne (3) est fixé sur un circuit imprimé (5).

14. Radar selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que l'antenne étant par ailleurs reliée à l'axe mécanique (2) par un palier (11), l'axe mécanique est fixé au centre d'un pignon (10, 102) coopérant avec un pignon (10, 101) entraîné par le moteur (9).

15. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'onde qu'il émet est continue.

16. Radar selon l'une quelconque des revendications 1 à 14,  
5 caractérisé en ce l'onde qu'il émet est coupée selon un facteur de forme donné.

17. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'onde qu'il émet est à modulation de  
10 fréquence.

18. Radar selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que l'onde qu'il émet est à modulation de phase.

19. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la réception est homodyne.  
15

20. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce les fonctions hyperfréquence comportent au  
20 moins un oscillateur (53) commandé en tension, plusieurs amplificateurs (55, 56, 57, 58), un coupleur (64), un circulateur hyperfréquence (59) et un mélangeur hyperfréquence (60), les signaux hyperfréquence issus de l'oscillateur étant amplifiés par un premier amplificateur de puissance (55) puis par un deuxième amplificateur de puissance (56) après avoir traversé le  
25 coupleur (64) et avant d'entrer dans le circulateur (59), en sortie duquel le signal hyperfréquence de puissance est distribué par une liaison (63) à l'antenne (3), en réception un signal issu de l'antenne (3) parvenant à un premier amplificateur faible bruit (57) par l'intermédiaire du circulateur (59), en sortie du circulateur, le signal étant mélangé, par le mélangeur (60), au  
30 signal de sortie du premier amplificateur de puissance (55) obtenu via le coupleur (63), le signal mélangé passant ensuite dans un deuxième amplificateur faible bruit (58)

21. Radar selon la revendication 20, caractérisé en ce que les  
35 amplificateurs de puissance (55, 56) sont des composants à état solide.

22. Radar selon l'une quelconque des revendication 20 ou 21, caractérisé en ce que le coupleur et les liaisons hyperfréquences sont en technologie microruban.

5

23. radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les fonctions hyperfréquence comportent deux interrupteurs (61, 62), pendant un temps  $\tau$  où le signal est émis, l'interrupteur (61) de la voie d'émission laissant passer le signal, pendant le temps  $T-\tau$  où le signal n'étant pas émis, l'interrupteur (61) de la voie d'émission ne laissant plus passer les signaux alors que l'interrupteur (62) de la voie de réception laisse passer les signaux de réception.

10

24. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que sur le circuit imprimé (5), le signal de réception est filtré au moyen d'un filtre adapté (65) puis est converti sous forme numérique au moyen d'un convertisseur analogique-numérique (66), le signal de réception ainsi numérisé étant lu par un processeur de traitement du signal (67) qui en réalise une transformée de Fourier rapide (FFT) pour obtenir un signal en fréquence à partir duquel le même processeur (67) réalise une analyse spectrale, le processeur (67) transmettant via un bus de communication (68) l'information numérique de détection déterminée à des moyens d'interface homme-machine.

20

25. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'antenne (3), réalisée en circuit imprimé, comporte des éléments rayonnants (4).

25

26. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de liaison comportent des moyens optiques.

30

27. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit imprimé (5) est plaqué au dos de l'antenne (3).

35

28. Radar selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs circuits imprimés (5) au dos de l'antenne (3).

1/5

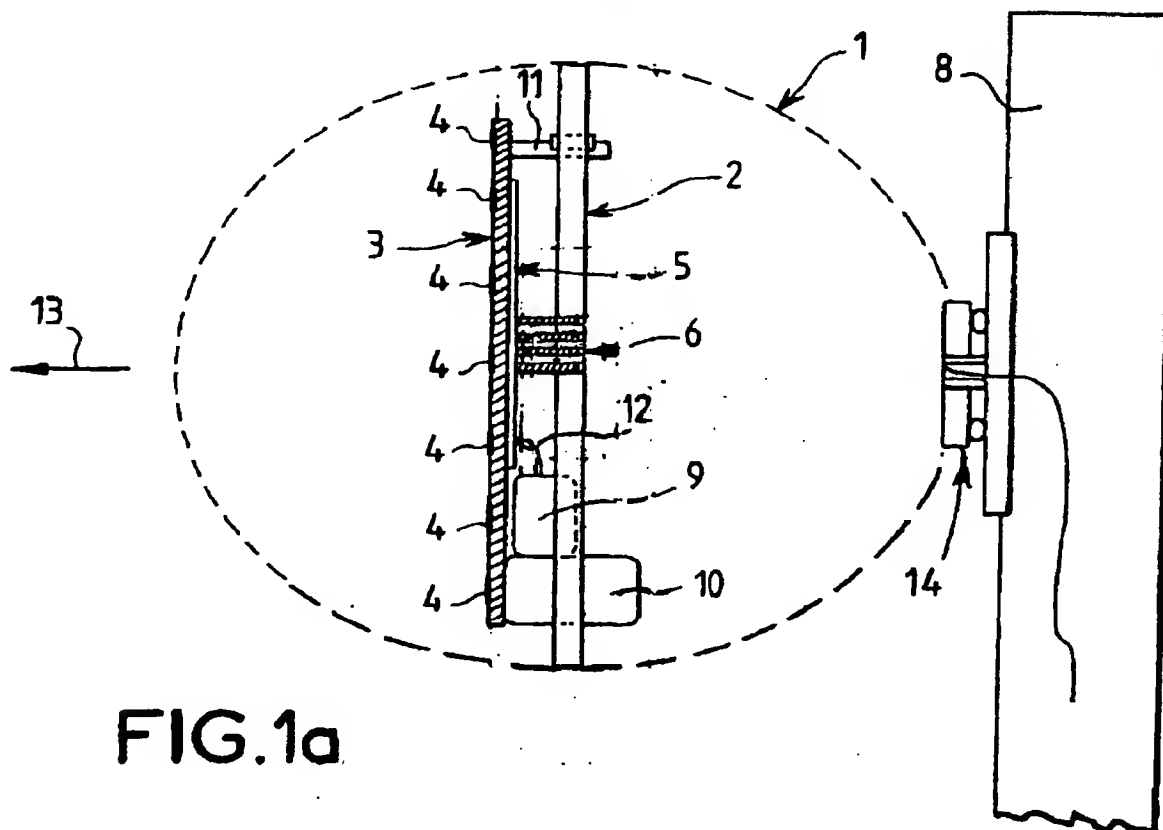


FIG. 1a

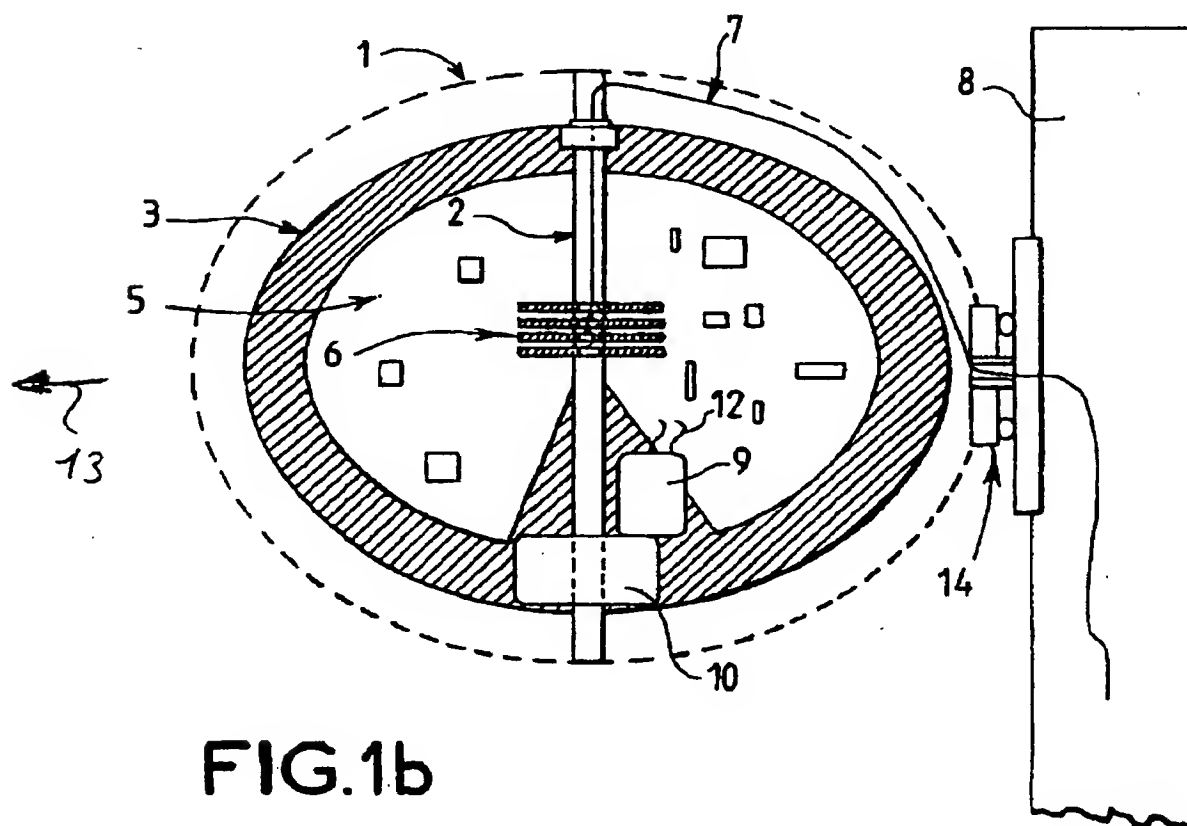
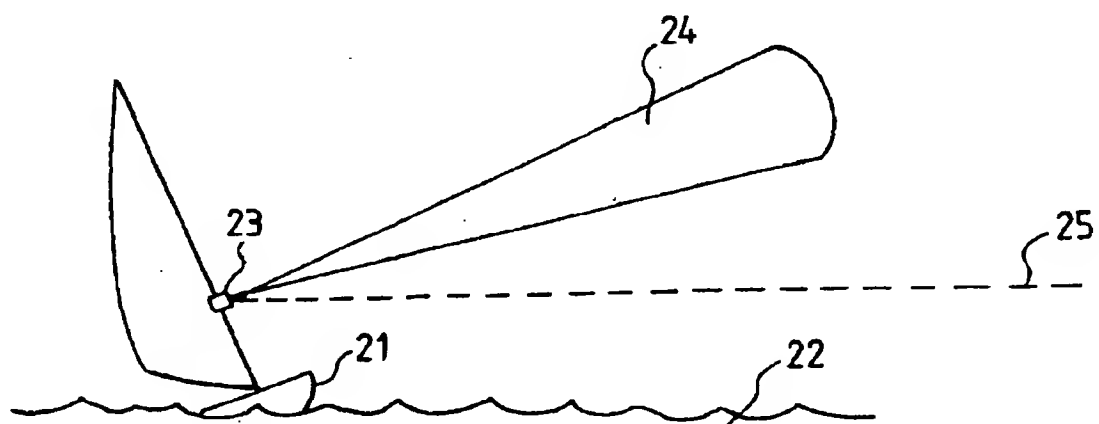
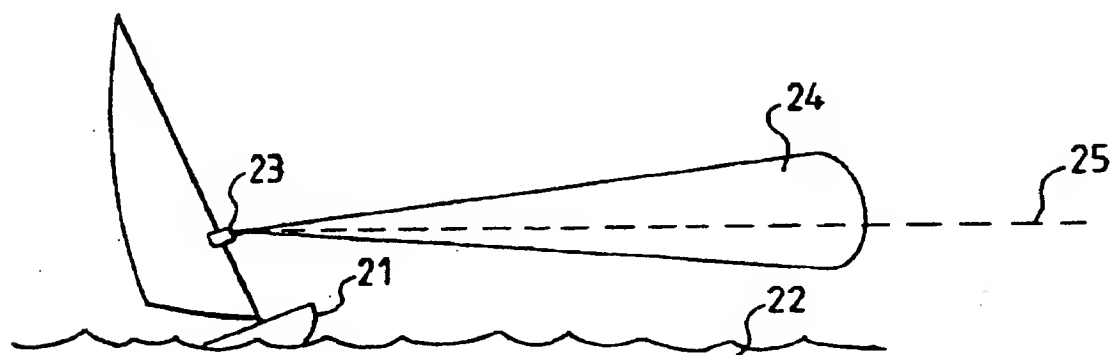


FIG. 1b

**FIG. 2****FIG. 3**



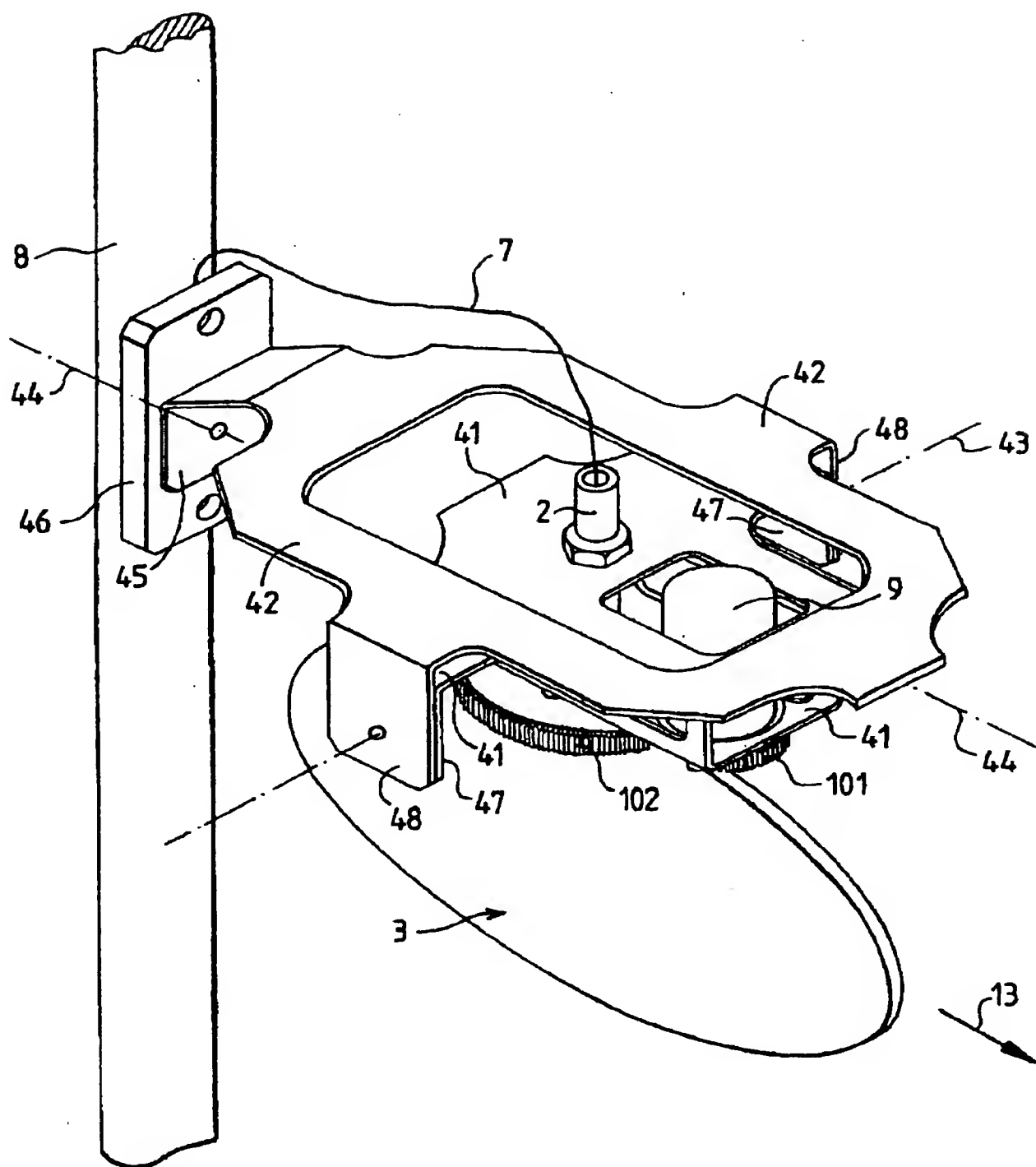


FIG. 4

4/5

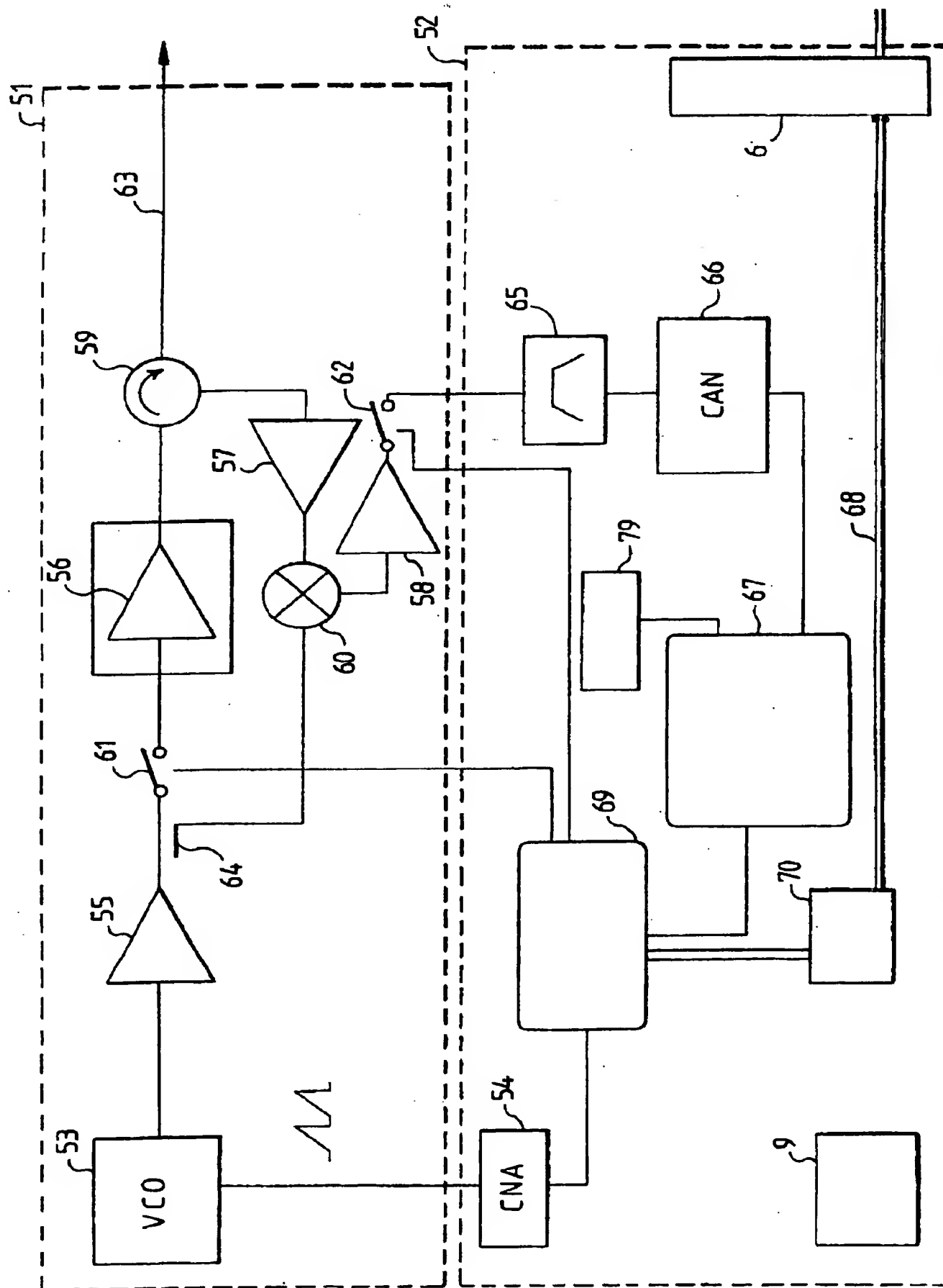


FIG. 5

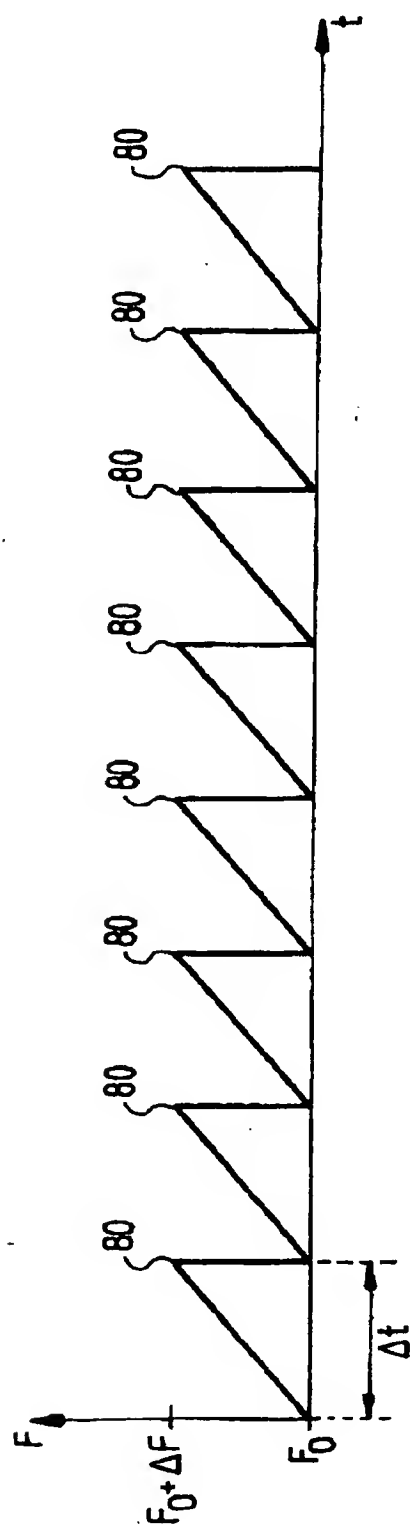


FIG. 6a

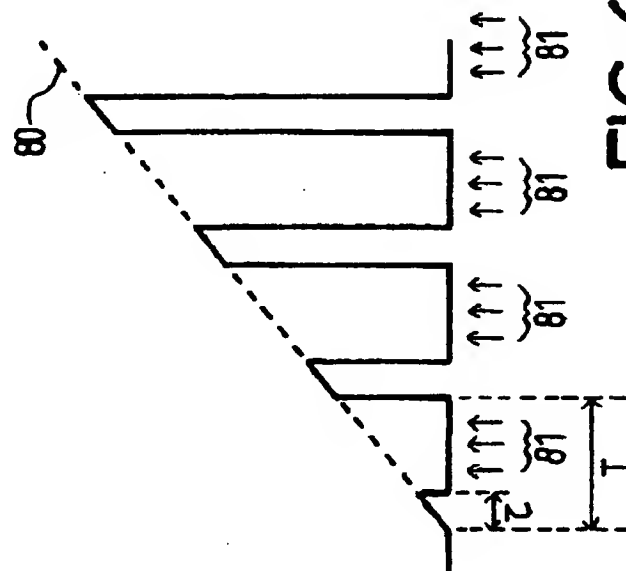


FIG. 6b

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2785394

N° d'enregistrement  
national

FA 568005  
FR 9813813

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes /	
A	US 5 154 386 A (HECK GORDON) 13 octobre 1992 * abrégé; figures 1,3 * ---	1
A	EP 0 440 378 A (QUESTUS CORP) 7 août 1991 * abrégé; figures 1,2 * * colonne 2, ligne 45 - ligne 51 * ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 002, 30 janvier 1998 -& JP 09 270624 A (ANRITSU CORP), 14 octobre 1997 * abrégé; figures 1,4 * ---	1
A	LIGHTHART L P ET AL: "AN X-BAND SOLID-STATE FM-CW WEATHER RADAR" IEE PROCEEDINGS F. COMMUNICATIONS, RADAR & SIGNAL PROCESSING, vol. 137, no. 6, 1 décembre 1990, pages 418-426, XP000176784 ---	1
A	DATABASE INSPEC INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GBmars 1997 KITAYAMA M ET AL: "Small radar with LCD display" XP002107616 * abrégé * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G01S H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
29 juin 1999		Niemeijer, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1503 03 02 (P04C13)